10.22092/spj.2023.360806.1285
20.1001.1.27834409.1401.38.1.5.3

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۸، شماره ۱، سال ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی ابتدا و انتهای فصل بر خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ های گلرنگ(*Carthamus tinctorius* L.) در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه

Effect of Early and Late Season Drought Stress on Agronomic Characteristics, Seed and Oil Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes in Marginal and Saline Soils around Lake Urmia

بهمن پاسبان اسلام

دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸

چکیده

پاسبان اسلام، ب. ۱۴۰۱. اثر تنش خشکی ابتدا و انتهای فصل بر خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه. **مجله نهال و بذر ۳۸:** ۱۰۸-۹۱.

این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثر تنش خشکی در مراحل ابتدایی (روزت) و انتهایی (پرشدن دانه) بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، در دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد.کرت های اصلی شامل سطوح تنش (بدون تنش و تنش خشکی در مراحل روزت و پرشدن دانه) و کرت فرعی شامل ژنوتیپ‌های گلرنگ (پدیده، گل‌مهر، پرنیان، مکزیک۱۴و مکزیک۲۴۸) بودند. آبیاری کرت‌های بدون تنش، در زمان ۸۰ میلی‌متر تبخیر و برای کرت های تنش، آبیاری در زمان ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A بود. برای آبیاری از آب چاه با شوری ۴/۲ دسی زیمنس بر متر استفاده شد. نتایج نشان داد تنش خشکی در مرحله روزت اثر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه نداشت، ولی در مرحله پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق (۱۷ درصد)، وزن هزار دانه (هفت درصد) ، عملکرد دانه (۴۸ درصد) و روغن (۵۱ درصد) شد. بنابراین دوره پرشدن دانه از نظر نیاز آبی گلرنگ بحرانی است و آبیاری در این مرحله ضروری است. اثر تنش خشکی و ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ و دمای پوشش گیاهی معنی‌دار بود و این شاخص‌ها برای ارزیابی اثر تنش خشکی در ژنوتیپ های گلرنگ مناسب تشخیص داده شدند. ارقام پدیده و گل مهر و لاین مکزیک۲۴۸ به‌ترتیب با تولید ۱۹۸۳، ۱۹۷۹ و ۲۰۸۷ کیلوگرم دانه در هکتار در شرایط تنش خشکی در دوره پرشدن دانه، برای کشت در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه مناسب شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، مرحله روزت، مرحله پر شدن دانه، دمای پوشش گیاهی، محتوای نسبی آب برگ، درصد روغن دانه.

نگارنده مسئول: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir تلفن: ۰۴۱۳۲۴۴۳۹۱۶

مقدمه

حدود ۹۰ درصد روغن خوراکی مصرفی کشور از واردات تامین می‌شود. بنابراین افزایش تولید دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است. گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک دانه روغنی متحمل به تنش های شوری و خشکی (Bassil and Kaffka, 2002) است و گزینه مناسبی برای کشت در اراضی کم‌بازده به‌شمار می‌رود (Pasban Eslam, 2004).

در حال حاضر بیش از ۷۲۵ کیلومتر مربع اراضی زراعی شور (با شوری بین ۴ تا ۹ دسی زیمنس بر متر) در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه وجود دارد. اراضی زراعی حاشیه ای شور دریاچه در شرق آن قرار دارند. این اراضی از نظر حاصلخیزی خاک کم‌بازده هستند که کشت مداوم پیاز و افزودن ده‌ها تن در هکتار ماسه به‌صورت سالانه به این اراضی در سال‌های گذشته، این وضعیت را تشدید نموده است (Farajnia, 2019).

با کاهش آب رودخانه‌های فصلی و چاه‌های عمیق و همچنین خشک شدن دریاچه (Hosseinzad *et al*., 2012; Hosseinpour *et al*., 2022) و عدم امکان کشت محصولاتی مانند پیاز و صیفی‌جات، کشت ارقام پاییزه گلرنگ در منطقه درحال گسترش است. بنابراین شناسایی ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه برای جلوگیری از متروکه شدن این اراضی بسیار ضرورت دارد. در حال حاضر دوهزار هکتار از اراضی مذکور به کشت گلرنگ اختصاص دارد.

نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ شامل پدیده، زرقان، ورامین۲۹۵، KW_5 و KW_8 در شرایط قطع آبیاری در طول دوره پرشدن دانه در اقلیم نیمه خشک دشت تبریز و نبود بارندگی نشان داد که کمبود آب با کاهش تعداد طبق در گیاه و تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین ژنوتیپ‌های KW_5، KW_8 و پدیده از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی داری نداشتند (Pasban Eslam, 2011a). سالم و همکاران (Salem *et al*., 2014) گزارش کردند که تنش خشکی متوسط و شدید در گلرنگ باعث کاهش معنی‌دار رشد بوته‌ها شد. نظری و همکاران (Nazari *et al*., 2016) با ارزیابی ۲۷ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در اصفهان دریافتند که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی وجود داشت.

کاهش میزان آب در دسترس بوته‌های گلرنگ به کمتر از ۲۵ درصد آب قابل استفاده خاک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Noroozi and Kazemeini, 2013). کوتروباس و همکاران (Koutroubas *et al*., 2004) بیان کردند که در شرایط تنش خشکی، از میان اجزای عملکرد دانه، تعداد طبق در گیاه و وزن هزار دانه در

تعیین عملکرد دانه گلرنگ نقش برجسته‌تری داشتند. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌های ایرانی گلرنگ در شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی نشان داد‌که تنش خشکی باعث کاهش میانگین عملکرد دانه آنها شد و تفاوت معنی‌داری از نظر تحمل به کمبود آب بین ژنوتیپ‌ها دیده شد (Zareie *et al.*, 2013).

نتایج ارزیابی ۶۴ ژنوتیپ گلرنگ تحت تنش کمبود آب در شرایط اقلیمی اصفهان نشان داد که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها شد ولی میزان این کاهش به‌طور معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود و تجزیه خوشه ای آنها را در دو گروه حساس و متحمل به خشکی قرار داد (Bahrami *et al.*, 2014; Bortolheiro and Silva, 2017). بورتل هیرو و سیلوا (Bortolheiro and Silva, 2017) گزارش کردند تفاوت ژنتیکی معنی‌داری از نظر عملکرد دانه بین لاین‌های گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب وجود داشت که امکان گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به کمبود آب را فراهم کرد.

عقیده بر این است که محتوای نسبی آب برگ (Relative water content = RWC) شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب برگ در گیاهان زراعی می‌باشد و شاید محتوای نسبی آب برگ وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان تامین آب به برگ و میزان تعرق را نشان بدهد (Sinclair and Ludlow, 1985). نتایج یک ارزیابی نشان داد ارقامی از گلرنگ که در شرایط کمبود آب محتوای نسبی آب برگ بالاتری داشتنددر مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها عملکرد دانه بیشتری تولید کردند (Manvelian *et al.*, 2021). همچنین نشان داده شده است که در شرایط تنش خشکی شدید ارقام متحمل به خشکی گندم دوروم از محتوای نسبی آب برگ بالاتری برخوردار بودند (Rao and Mendham, 1991). پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2011a) با بررسی ژنوتیپ‌های کلزا، گزارش کرد که تنش کمبود آب باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش دمای پوشش گیاهی شد و در ژنوتیپ‌های متحمل‌تر این تغییرات کمتر و پایداری عملکرد دانه بیشتر بود.

اندازه‌گیری دمای پوشش گیاهی (Canopy temperature) به‌عنوان روشی رایج برای ارزیابی اثر تنش خشکی در گیاهان زراعی مورد استفاده است (Johnson and Rumbaugh, 1995). به‌طور کلی دمای پوشش گیاهی با شدت تنش خشکی همبستگی مثبت دارد و به دنبال کاهش آب قابل استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن نیز کاهش می‌یابد. بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای پوشش گیاهی می‌گردد (Carcova *et al.*, 1998). گزارش‌های متعددی حاکی از آن است که دمای پوشش گیاهی می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی گندم به‌کار گرفته شده است

(Carcova *et al.*, 1998; Golestani Araghi and Assad, 1998). پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2011b) نیز گزارش کرده است که دمای پوشش گیاهی شاخص مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌های بهاره متحمل به خشکی گلرنگ بود. ایشان همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین هدایت روزنه ای، محتوای نسبی آب برگ و تنظیم اسمزی و همبستگی منفی و معنی‌داری بین این شاخص‌ها با دمای پوشش گیاهی در ژنوتیپ‌های بهاره گلرنگ گزارش کرد (Pasban Eslam, 2011b).

هدف این پژوهش ارزیابی اثر تنش خشکی در مراحل روزت و پرشدن دانه بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ در خاک‌های کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه و گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول، سازگار، و متحمل به کمبود آب برای کشت در اراضی مذکور و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه بود.

مواد و روش ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه (واقع در اراضی کم‌بازده و شور)، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، در دو سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. این ایستگاه در فاصله ۱۰کیلومتری شرق دریاچه ارومیه بوده (۴۶ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی) و بر اساس اقلیم‌بندی کوپن سرد و نیمه خشک است (Alikhani, 2013).

خاک محل آزمایش لوم رسی و دارای ۱/۵ درصد ماده آلی و با شوری ۶/۷ و ۶/۵ دسی زیمنس بر متر به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود (جدول ۱). مشخصات آب و هوایی محل آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. اطلاعات جدول ۲ نشان دهنده آن است که در منطقه آزمایش در مرحله روزت گلرنگ پاییزه (آبان) دمای هوا و تبخیر مقادیر پایین‌تری دارند، ولی در مرحله پرشدن دانه گلرنگ (تیر) بارندگی موثر ندارد و دمای هوا و تبخیر در تراز بالاتر است. حدود ۷۲۵ کیلومتر مربع از اراضی زراعی حاشیه شرقی دریاچه ارومیه دارای خاک شور و کم بازده بود و این روند درحال گسترش است (Farajnia, 2019).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Some physico-chemical properties of the soil experimental field

سال Year	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) Potassium ($mg\ kg^{-1}$)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)
2019-20	8.1	6.7	0.05	7.5	207	14	19	67
2020-21	7.5	6.5	0.05	8.1	214	17	18	65

جدول ۲-اطلاعات آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی خسروشاه در دوره آزمایش در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸

Table 2. Climatological information of Khosrowshah agricultural research station during experimental period in 2019-21 cropping seasons

سال Year	Month	ماه	میانگین دمای حداقل (سانتیگراد) Average of minimum temperature (°C)	میانگین دمای حداکثر (سانتیگراد) Average of maximum temperature (°C)	میانگین دما (سانتیگراد) Average temperature (°C)	مجموع بارندگی (میلیمتر) Total precipitation (mm)	مجموع تبخیر از تشتک کلاس A Total evaporation from class A pan (mm)
2019	September	شهریور	16.4	30.5	23.4	-	325.5
	October	مهر	11.7	25.8	18.8	17.3	204.0
	November	آبان	-0.2	12.6	7.8	7.1	52.2
	December	آذر	-1.4	7.0	2.8	16.0	0.0
2020	January	دی	-3.5	5.1	0.8	31.8	0.0
	February	دی	-7.6	2.4	-2.6	13.6	0.0
	March	بهمن	1.7	12.0	6.8	34.4	0.0
	April	فروردین	4.0	14.6	9.3	72.4	0.0
	May	اردیبهشت	8.3	22.3	15.3	28.1	202.0
	June	خرداد	14.1	30.7	22.4	3.9	344.0
	July	تیر	18.5	32.8	25.6	5.0	334.0
	August	مرداد	18.6	33.0	25.8	2.8	357.0
	September	شهریور	18.1	26.7	23.3	2.4	264.9
	October	مهر	11.3	22.6	16.6	3.9	146.1
	November	ابان	5.1	17.3	11.2	54.8	54.7
	December	آذر	-0.1	7.9	2.7	23.8	0.0
2021	January	دی	-6.9	7.5	-0.5	89.7	0.0
	February	بهمن	-7.7	9.6	2.8	32.2	0.0
	March	اسفند	-0.9	12.2	4.4	16.8	0.0
	April	فروردین	4.6	18.1	11.8	19.3	106.3
	May	اردیبهشت	14.2	24.1	18.8	33.3	325.5
	June	خرداد	16.0	30.1	23.7	4.9	204.0
	July	تیر	22.0	30.5	27.5	11.7	52.2
	August	مرداد	21.8	30.3	26.8	21.1	0.0

داده ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی به‌دست آمد.

The data obtaind from synoptic station of the East Azarbaijan agriculture and natural resources research and education center.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل تنش خشکی به‌عنوان کرت های اصلی در سه سطح: بدون تنش و تنش در مراحل روزت (پاییز) و پرشدن دانه و ژنوتیپ های گلرنگ پاییزه در کرت های فرعی شامل: ارقام پدیده، گل‌مهر، پرنیان و ژنوتیپ‌های امید بخش مکزیک۱۴ و مکزیک۲۴۸ بودند. آستانه تحمل این ژنوتیپ‌ها به شوری خاک برای تولید محصول اقتصادی ۷/۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Omidi, 2016).

گلرنگ رقم پدیده خاردار و متوسطرس بوده و حاصل انتخاب از تودههای بومی ارومیه است. میانگین عملکرد آن در مناطق مختلف بین ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می باشد (Omidi *et al*., 2007). گلرنگ گل مهر رقم خاردار و متوسطرس حاصل تلاقی دو لاین K.W.H-1-2 و زرقان۲۷۹ است. میانگین عملکرد دانه این رقم ۳۰۷۸ کیلوگرم در هکتار است (Omidi *et al*., 2014). گلرنگ رقم پرنیان بیخار، گل سفید و نسبتا زودرس بوده و حاصل انتخاب از توده محلی اصفهان است. میانگین عملکرد این رقم ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار میباشد (Omidi *et al*., 2019). دو لاین مکزیک ۲۴۸ و مکزیک ۱۴ از برنامه ملی به نژادی گلرنگ مکزیک دریافت و انتخاب شده اند، خاردار، متحمل به سرما، متوسط رس و میانگین عملکرد دانه آنها ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است (Pasban Eslam and Omidi, 2019).

هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف بهطول پنج متر و فاصله ردیف ۳۰ سانتیمتر بود. فاصله بوتهها روی ردیف هفت سانتیمتر تنظیم شدند. کاشت بذر برمبنای ۲۰ کیلوگرم در هر هکتار بود. تاریخ کاشت آزمایش در ۲۱ شهریور بود. در این آزمایش برای تعیین زمان آبیاری از تشتک تبخیر کلاس A استفاده شد. برای تیمار بدون تنش، آبیاری در زمان ۸۰ میلیمتر تبخیر و برای تیمارهای تنش، آبیاری در زمان ۱۸۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A بود (Sharghi *et al*., 2011; Pasban Eslam *et al*., 2011b). در پاییز دو مرتبه آبیاری برای تیمار بدون تنش و یک مرتبه برای تیمارهای تنش خشکی انجام شد. آبیاری اول در زمان کاشت بود. در بهار و تابستان تا برداشت محصول تیمار بدون تنش چهار مرتبه آبیاری و تیمارهای تنش دو مرتبه آبیاری شدند. برای آبیاری از آب چاه با شوری ۴/۲ دسی زیمنس برمتر استفاده شد.

در هر دوسال آزمایش برای کوددهی مزرعه، ۹۷ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره (در سه قسط شامل: زمان کاشت، شروع رشد بهاره و گلدهی)، ۳۷ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع کود سولفات پتاسیم و ۳۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع کود سوپر فسفات تریپل (هر دو در زمان کاشت)، بر اساس آزمون خاک محاسبه و مصرف شد (جدول ۱). در زمان غنچهدهی برای مدیریت و کنترل آفت مگس گلرنگ از آفت کش دیازینون با غلظت یک و نیم در هزار، در هر دو سال آزمایش، استفاده گردید.

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ (RWC) از نمونه برگهای برداشت شده، با استفاده از لوله برش فلزی، سه دیسک به قطر ۲۰ میلیمتر جدا و بلافاصله وزن شد (وزن تر)، سپس نمونهها به مدت چهار ساعت در آب مقطر دوبار تقطیر با دمای حدود پنج درجه سانتیگراد و نور اندک غوطهور شده و پس از گرفتن آب روی آنها با کاغذ صافی، وزن شدند

(وزن تورم کامل). سپس نمونه‌ها را به مـدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قـرار داده و وزن شدند. در نهایت محتوای نسبی آب برگ (RWC) از فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (وزن خشک – وزن تورم کامل/ وزن خشک – وزن تر) = (RWC) محتوای نسبی آب برگ

دمای پوشش گیـاهی بـا اسـتفاده از دماسـنج مـادون قرمـز مـدل ۸۲۵–T۲ سـاخت کارخانـه تســتو (Testo) ایتالیــا انــدازه‌گیری شــد. محتــوای نســبی آب بــرگ و دمــای پوشــش گیـاهی بـین سـاعات ۱۱ تـا ۱۴ (Kumar and Singh, 1998; Pasban Eslam, 2011a) روی همــه تیمارهــای آزمایشــی در مراحــل روزت (شش برگی) در آبان و در اواسط مرحله پرشدن دانــه در اوایــل مــرداد انــدازه‌گیــری شــد. سـنجش‌هـا روی جـوان‌تـرین بـرگ‌هـای بـالغ (یک سوم بالایی ارتفاع گیاه) انجام شد.

برای اندازه گیری ارتفـاع گیـاه، قطـر طبـق، تعداد طبق در گیاه و تعداد دانه در طبق در زمان رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت آزمایشی ۱۰ گیاه به طور تصادفی انتخـاب و ارتفـاع آنهـا بـر حسب سانتی‌متر، قطر طبق‌ها برحسب میلی‌متـر و تعــداد طبــق‌هــا در هــر گیــاه و تعــداد دانه‌ها در هر طبق شمارش و میانگین آنهـا بـرای هر کرت ثبت شد. بـه‌هنگام رسـیدگی محصـول (۱۵ و ۱۸ مـرداد بـه‌ترتیـب در سـال اول و دوم آزمایش) پس از حـذف حاشیه‌ها، تمـام سـطح کرت‌ها برداشت و عملکرد دانه، وزن هزار دانـه و درصد روغن دانه‌ها تعیین شدند. درصد روغن دانه‌ها به‌روش استخراج پیوسـته سوکسـله تعیـین شـد (Mirnezami Ziabari and Sanei-Shariatpanah, 1994).

تجزیـه واریـانس مرکـب داده‌هـا و مقایسـه میانگین‌هـا بـا اسـتفاده از نـرم افـزار آمـاری MSTATC، و تعیـین همبسـتگی بـین صـفات به روش پیرسون با استفاده از نـرم افـزار آمـاری SPSS نسخه ۱۶انجام شد. مقایسه میانگین هـا بـا استفاده از آزمون تـوکی در سـطح احتمـال پـنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسـد کـه علـت اصلی آن وقوع اسـتثنایی مجموعـا ۲۱/۱ میلـی‌متـر بارندگی در مرداد (مراحل گل‌دهی و پرشدن دانـه گلرنگ) در سـال دوم آزمـایش از یـک طـرف و بالاتر بودن میانگین دمـای حـداکثر هـوا در مـرداد سال اول آزمایش به مقدار ۲/۷ درجه سـانتی‌گـراد از سوی دیگر بود (جدول ۲). اثر تنش خشـکی بـر قطـر طبـق، تعـداد دانـه در طبـق، وزن هـزار دانـه، درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغـن معنـی‌دار شد (جدول ۳)

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای صفات اندازه گیری شده ژنوتیپ های گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸

Table 3. Combined analysis of variance for measured traits of safflower genotypes as affected by drought stress in 2019-21 cropping seasons

			Mean squares میانگین مربعات				
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی d.f.	محتوای نسبی آب برگ RWC	دمای پوشش گیاهی Canopy temperature	ارتفاع گیاه Plant height	قطر طبق Head diameter	تعداد طبق در گیاه Head no. plant^{-1}
Year (Y)	سال	1	0.004	18.678	46.944	30.044**	57.00**
Replication/Y	تکرار در سال	4	0.001	1.322	96.511	3.153	0.989
Drought stress (A)	تنش خشکی	2	0.121**	877.233**	304.078	77.478**	2.211
Y × A	سال × تنش خشکی	2	0.001	81.744**	77.078	1.011	3.033
Error1	خطای۱	8	0.001	4.322	85.928	2.015	1.556
Genotype (B)	ژنوتیپ	4	0.004**	19.489**	1371.583**	9.101**	8.850**
Y × B	سال × ژنوتیپ	4	0.001	2.067	305.194**	12.996**	1.272
A × B	تنش خشکی × ژنوتیپ	8	0.001	3.789**	63.883**	5.308**	1.933**
Y × A × B	سال × تنش خشکی × ژنوتیپ	8	0.002	3.883**	45.078**	1.181	0.339
Error 2	خطای ۲	48	0.001	1.974	21.358	0.877	0.561
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)		4.25		3.37	3.63	6.08

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively .

*و** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

RWC: Relative water content

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳-

			Mean squares میانگین مربعات				
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی d.f.	تعداد دانه در طبق Seed no. head^{-1}	وزن هزار دانه 1000-seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield
Year (Y)	سال	1	38.547**	4.268**	132020.100*	20.544*	67601.279**
Replication/Y	تکرار در سال	4	1.524	0.118	46331.189	0.356	5499.555
Drought stress (A)	تنش خشکی	2	580.652**	42.810**	27067543.144**	27.033**	2583993.717**
Y × A	سال × تنش خشکی	2	6.350	0.178	801065.633**	5.811	39924464.000**
Error1	خطای۱	8	2.044	0.145	14871.039	2.006	3345.400
Genotype (B)	ژنوتیپ	4	129.125**	9.277**	1269257.306**	13.139**	16996.822**
Y × B	سال × ژنوتیپ	4	0.635	0.568	21990.0683**	2.739**	4304.809**
A × B	تنش خشکی × ژنوتیپ	8	25.477**	0.462	27386.756*	3.464*	7679.854**
Y × A × B	سال × تنش خشکی × ژنوتیپ	8	2.680	0.153	20012.717	1.381	4045.662**
Error 2	خطای ۲	48	1.491	0.233	9552.964	1.261	1980.447
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)		2.61	1.52	3.35	3.94	5.30

.* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

*و** : به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

تـنش خشـکی در طـول دوره روزت اثـر کاهشی معنی‌داری بـر عملکـرد دانـه و روغـن و اجزای عملکرد دانه نداشت (جدول ۴). با توجـه به خنک بودن دمای پاییز و وقوع بارندگی‌هـای پاییزه (جدول ۲)، به‌نظر می‌رسد که کمبود منابع آب برای آبیـاری در مرحلـه روزت پـاییزه، اثـر قابل ملاحظـه ای بـر عملکـرد دانـه در گلرنـگ کشت شده در اراضی شور و کم بـازده اطـراف دریاچه ارومیـه نداشـت. ولـی تـنش خشـکی در طول دوره پرشدن دانـه باعـث کـاهش معنـی‌دار میانگین تعـداد دانـه در طبـق (۱۷ درصـد)، وزن هزار دانه (۶/۷ درصد)، روغن دانـه (۶ درصـد)، عملکرد دانه (۴۸ درصد) و عملکرد روغـن (۴۹ درصد) شد (جدول ۴).

جدول۴- میانگین خصوصیات زراعی و عملکرد دانه و روغـن ژنوتیـپ‌هـای گلرنـگ تحـت تـاثیر تـنش خشکی در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸

Table 4. Mean of agronomic characteristics and seed and oil yield of safflower genotypes as affected by drought stress in 2019-21 cropping seasons

ژنوتیپ Genotype	محتوای نسبی آب برگ (٪) RWC (%)	دمای پوشش گیاهی (درجه سانتی گراد) Canopy temperature (°C)	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	قطر طبق (میلی متر) Head diameter (mm)	تعداد طبق در گیاه Head no. plant^{-1}
	Non-stress بدون تنش				
Padideh	67a	18.5bc	143a-c	28.7a	12.8ab
Golemehr	75a	17.8bc	147ab	25.8b-e	12.8ab
Parnian	72ab	18.5bc	124ef	25.3c-e	11.8bc
Mexico14	74a	19.7b	132de	26.5b-d	11.0c
Mexico248	75a	16.3c	140b-d	27.5ab	13.7a
	Stress in rosette stage تنش در مرحله روزت				
Padideh	76 a	16.7c	142a-c	27.6ab	12.7ab
Golemehr	74 a	16.5c	147 ab	27.2a-c	12.5a-c
Parnian	73 a	18.5bc	124ef	26.4b-d	11.7bc
Mexico14	74 a	20.0 b	137 b-d	25.2de	12.2a-c
Mexico248	71ab	16.0c	151b	27.3ab	13.5a
	Stress in seed filling stage تنش در مرحله پرشدن دانه				
Padideh	64c	26.7 a	140b-d	24.8de	12.2a-c
Golemehr	64c	27.5 a	138b-d	24.2ef	11.0c
Parnian	60c	27.2 a	121f	24.0ef	12.3a-c
Mexico14	63c	27.8 a	133de	24.2ef	11.5b-c
Mexico248	65bc	26.8 a	138b-d	22.8f	13.0ab

میانگین‌هایی، در هرستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفـاوت معنـی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level -using Tukey test.

Table 4. Continued. ادامه جدول ۴-

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در طبق Seed no. head^{-1}	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg h^{-1})	درصد روغن Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg h^{-1})
	Non-stress بدون تنش				
Padideh	53.0a	33.3ab	3743ab	30.2ab	1129ab
Golemehr	52.6a	32.9a-c	3573b-d	28.8a-d	1030c
Parnian	42.9c	31.6d-f	3137fg	27.8b-e	878de
Mexico14	51.8a	32.1cd	3332ef	29.2a-d	971cd
Mexico248	53.7a	33.7a	3808a	30.1a	1132ab
	Stress in rosette stage تنش در مرحله روزت				
Padideh	49.6b	32.9a-c	3687b-d	29.5a-c	1073bc
Golemehr	49.4b	32.6bc	3495de	30.0ab	1049c
Parnian	43.2c	31.1d-g	3043g	27.8b-e	846e
Mexico14	49.7b	32.0c-e	3316ef	28.0b-e	928de
Mexico248	52.8a	33.2ab	3695a-c	29.3b-e	1091b
	Stress in seed filing stage تنش در مرحله پرشدن دانه				
Padideh	41.9c	31.0e-g	1983h	28.8a-d	572f
Golemehr	42.2c	30.3gh	1979h	27.0de	532f
Parnian	40.9c	29.9h	1502i	26.0e	392g
Mexico14	42.3c	30.2gh	1586i	27.5c-e	436g
Mexico248	43.1c	31.0fg	2087h	28.0b-e	586f

میانگین‌هایی، در هرستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Tukey test.

در طول دوره پرشـدن دانـه در منطقـه آزمـایش بارنـدگی‌هـای فصـلی خاتمـه یافتـه اسـت و آب رودخانه‌های فصلی نیز خشک و در نتیجـه زراعـت گلرنگ بـا کمبـود آب مواجـه مـی‌شـود. همچنـین نتایج این آزمایش نشان داد که این دوره از نظر نیـاز آبـی بحرانـی اسـت و کـم‌آبـی باعـث افـت شـدید عملکـرد دانـه و روغـن شـد (جـدول ۴). بنـابراین درصورتی که کشت گلرنگ در اراضی کـم بـازده و شور اطراف دریاچه ارومیه و مناطقی با اقلیم مشابه برای به‌دست آوردن محصول قابـل قبـول اقتصـادی گسترش یابد، تامین آب در دوره پرشدن دانه بسـیار ضروری است. همچنین باید استفاده از ژنوتیپ‌هـای متحمل به تنش خشکی در اولویت قرار گیرد.

ژنوتیـپ‌هـای گلرنـگ مـورد بررسـی در پژوهش حاضر از نظر کلیه صفات مورد مطالعـه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳). اثر متقابـل تنش خشکی × ژنوتیپ بر کلیه صـفات زراعـی، بجز وزن هزار دانه، معنی‌دار بود (جدول ۳). در کلیه شرایط رطوبتی اعمال شده در این پژوهش، ارقـام پدیـده و گـل مهـر و لایـن مکزیـک۲۴۸

ارتفاع گیاه بلندتری داشتند (جدول ۴). همواره رقم پدیده بیشترین قطر طبق را داشت و در شرایط تنش در مرحله روزت لاین مکزیک۱۴، و در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه مکزیک۲۴۸ به ترتیب با میانگین ۲۵/۲ و ۲۲/۸ میلی‌متر کمترین قطر طبق را داشتند (جدول ۴).

لاین مکزیک۲۴۸ در کلیه شرایط بیشترین تعداد طبق در گیاه، دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و روغن را داشت (جدول ۴). در حالیکه در شرایط تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه صفات مذکور در همه ژنوتیپ‌ها در حداقل مقدار بودند. رقم پرنیان در همه شرایط رطوبتی دارای تعداد دانه در طبق، درصد روغن دانه و عملکرد دانه و روغن کمتری بود (جدول۴). به‌طور کلی ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه، بجز رقم پرنیان و لاین مکزیک۱۴، از نظر اجزای عملکرد و عملکرد دانه و روغن در شرایط مختلف رطوبتی، مقادیر مشابهی داشتند (جدول ۴).

میانگین عملکرد دانه ارقام پدیده و گل مهر و لاین مکزیک۲۴۸ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در دوره پرشدن دانه به‌ترتیب ۳۷۰۸ و ۲۰۱۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). در حالی‌که میانگین این مقادیر برای رقم پرنیان و لاین مکزیک۱۴ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در دوره پرشدن دانه به‌ترتیب ۳۲۳۵ و ۱۵۴۴ کیلوگرم در هکتار بود. ارقام پدیده، وگل مهر و لاین مکزیک۲۴۸ برای کشت در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه که با کمبود آب در طول دوره پرشدن دانه مواجه هستند، مناسب ارزیابی شدند و در صورت کشت، عملکرد دانه قابل قبولی برای زارعین منطقه خواهند داشت.

نتایج ارزیابی لاین‌های گلرنگ در برزیل نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن شد (Bortolheiro and Silva, 2017). حق شناس و همکاران (Haghshenas *et al*., 2021) با ارزیابی ارقام گلرنگ در اراضی اطراف دریاچه ارومیه نشان دادند که رقم پدیده بیشترین عملکرد دانه را در هر دو شرایط آبی بهینه و تنش خشکی در طول دوره رشد رویشی و زایشی به خود اختصاص داد. در پژوهشی دیگر نشان داده شد که اعمال تنش کمبود آب روی گیاهان گلرنگ در طول فصل رشد، عملکرد دانه و اجزای آن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Noroozi and Kazemeini, 2013).

پاسبان اسلام و امیدی (Pasban Eslam and Omidi, 2019) در آزمایشی عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های پاییزه گلرنگ را بررسی و گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گل‌دهی تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه وعملکرد دانه و روغن را به طور معنی داری کاهش داد. اشرفی و رزمجو (Ashrafi and Razmjoo, 2010) با مطالعه اثر تنش خشکی بر روغن دانه در گلرنگ نشان دادند که کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار درصد روغن دانه شد. در آزمایشی در دشت

تبریز در شرایط آبیاری بهینه، گلرنگ پاییزه رقم پدیده با عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۴۴۲۰ و ۱۳۶۹ کیلوگرم در هکتار رقم برتر بود (Pasban Eslam, 2015). صفوی و همکاران (Safavi *et al.*, 2013) با بررسی ژنوتیپ های گلرنگ نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری بهینه عملکرد دانه بالاتری داشتند، در شرایط کمبود آب نیز از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند.

همبستگی ارتفاع گیاه با تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). چنین استنباط می شود ژنوتیپ های گلرنگ با ارتفاع گیاه بلندتر با دارا بودن سطح فتوسنتزی بالاتر و تولید زیست توده بیشتر از توان محصول‌دهی بیشتری نیز برخورداربودند. همبستگی قطر طبق با تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و عملکرد دانه و روغن مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). تعداد دانه در طبق با وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و عملکرد دانه و روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. وزن هزار دانه نیز با درصد روغن دانه و عملکرد دانه و روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). بنابراین از میان اجزای عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه از نقش بیشتری در تعیین عملکرد دانه در ژنوتیپ های گلرنگ مورد بررسی برخوردار بودند. همبستگی عملکرد دانه با درصد روغن دانه و عملکرد روغن نیز مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵).

شاخص‌های محتوای نسبی آب برگ و دمای پوشش گیاهی

اثر تنش خشکی و ژنوتیپ بر محتوای نسبی آب برگ و دمای پوشش گیاهی معنی‌دار شد (جدول ۳). تنش خشکی در طول دوره روزت اثر کاهشی معنی‌داری بر روی این صفات نداشت. ولی کم آبی در طول دوره پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار میانگین محتوای نسبی آب برگ (۱۳/۴ درصد) و افزایش معنی‌دار دمای پوشش گیاهی (۹ درصد) شد (جدول ۴). ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط اقلیمی اصفهان نشان داد که تنش خشکی در هر دو مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک گیاه و عملکرد دانه و روغن شد. میزان این کاهش در شرایط تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه ۲۰ درصد بیشتر از اثر آن در مرحله گل‌دهی بود (Shir Esmaeili *et al.*, 2013).

پاسبان اسلام (Pasban Eslam, 2011b) گزارش کرد که دمای پوشش گیاهی شاخص مناسبی برای ارزیابی اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره بود. محتوای نسبی آب برگ با کلیه صفات مورد بررسی، بجز ارتفاع گیاه و تعداد طبق در گیاه، همبستگی معنی‌داری داشت. همبستگی دمای کانوپی با کلیه صفات مورد مطالعه، بجز تعداد طبق در گیاه، منفی و معنی‌دار بود (جدول ۵). دو شاخص محتوای نسبی آب برگ و دمای پوشش گیاهی می تواند برای ارزیابی اثر تنش

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین خصوصیات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گلرنگ

Table 5. Correlation coefficients between studied chrarcteristics of safflower genotypes

خصوصیت Characteristic	محتوای نسبی آب برگ RWC (1)	دمای پوشش گیاهی T_c (2)	ارتفاع بوته Plant height (3)	قطر طبق Head diameter (4)	تعداد طبق در بوته Head no. plant^{-1} (5)	تعداد دانه در طبق Seed no. head^{-1} (6)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (7)	عملکرد دانه Seed yield (8)	درصد روغن Oil content (9)	عملکرد روغن Oil yield (10)
2	-0.93**									
3	0.40	-0.83								
4	0.83**	-0.86**	0.43							
5	0.33	-0.44	0.56*	0.37						
6	0.79**	-0.74**	0.61*	0.76**	0.50					
7	0.88**	-0.88**	0.67**	0.84**	0.65	0.91**				
8	0.97**	-0.96**	0.48	0.86**	0.46	0.85**	0.94**			
9	0.76**	-0.66**	0.58*	0.75**	0.45	0.72**	0.82**	0.75**		
10	0.96**	-0.95**	0.50	0.87**	0.48	0.87**	0.96**	0.99**	0.81**	1.00

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

T_c: Canopy temperature, RWC: Relative water content

کمبود آب آخر فصل، بویژه در دوره پرشدن دانه، بر ژنوتیپ‌های گلرنگ پاییزه استفاده شود. برخی پژوهشگران گزارش کرده اندکه ژنوتیپ‌های گلرنگ که در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ بالاتری داشتند، در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتر و مقدار پرولین و پروتئین بالاتر در برگ‌ها و عملکرد دانه بیشتری نیز برخوردار بودند (Manvelian *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر تنش خشکی در خاکهای کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه در طول دوره روزت بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ معنی‌دار نبود، ولی کمبود آب در دوره پرشدن دانه باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه (۴۸ درصد) و روغن (۴۹ درصد) شد. با توجه به اینکه در دوره پرشدن دانه گلرنگ بارندگی-های فصلی در منطقه آزمایش خاتمه یافته است و آب رودخانه‌های فصلی نیز خشک می شود، در نتیجه زراعت گلرنگ با کمبود آب مواجه است. این دوره از نظر نیاز آبی بحرانی است و تنش خشکی بخصوص در اراضی کم بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه (با مساحت ۷۲۵ کیلومتر مربع) باعث کاهش شدید عملکرد دانه و روغن می‌شود.

بنابراین درصورتی که کشت گلرنگ در خاکهای کم‌بازده و شور اطراف دریاچه ارومیه به‌عنوان محصول جایگزین محصولاتی مانند پیاز و صیفی‌جات، که در اثر شور شدن منابع آب و خاك امکان کشت آنها محدود شده است، گسترش یابد، برای به‌دست آوردن محصول قابل قبول اقتصادی بایستی امکان تامین آب و آبیاری در دوره پرشدن دانه (از نیمه تیر تا نیمه مرداد) فراهم شود و یا از ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و سازگار با شرایط محیطی منطقه هدف استفاده شود.

ارقام گلرنگ پدیده و گل مهر و لاین مکزیک۲۴۸ به‌ترتیب با عملکرد دانه **۳۷۴۳**، **۳۵۷۳** و **۳۸۰۸** کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری بهینه و **۱۹۸۳**، **۱۹۷۹** و **۲۰۸۷** کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش خشکی در دوره پرشدن دانه برای کشت در اراضی کم‌بازده و شور مواجه با خشکی در اطراف دریاچه ارومیه و مناطقی با شرایط اقلیمی مشابه مناسب شناخته شدند.

سپاسگزاری

نگارنده بدین‌وسیله از پشتیبانی‌های بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی و مدیریت مزرعه و کارکنان کوشای ایستگاه خسروشاه برای همکاری در اجرای این پروژه پژوهشی سپاسگزاری می کند.

References

Alikhani, B. 2013. Climatology of Iran (Geography branch). Peyam-e-Nour University Publication. 236 pp. (in Persian)

Ashrafi, E., and Razmjoo, K. 2010. Irrigation regimes effect on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Journal of the American Chemists Society 87: 499-506.

Bahrami, F., Arzani, A., and Karimi, V. 2014. Evaluation of yield-based drought tolerance indices for screening safflower genotypes. Agronomy Journal 106: 1219-1224.

Bassil, B. S., and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation. II Crop response to salinity. Agricultural Water Management 54: 81-92.

Bortolheiro, F. P. A. P., and Silva, M. A. 2017. Physiological response and productivity of safflower lines under water deficit and rehydration. Annals of the Brazilian Academy of Science 89: 3051-3066.

Carcova, J. Maddonni, G. A., and Ghersa, C. M. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Research 55: 165-174.

Farajnia, A. 2019. Land suitability evaluation for field and orchard crops in East Azarbaijan province. Final report of the research project. No. 57199 dated 14 March 2019. Water and Soil Research Institute. Karaj. 157 pp. (in Persian).

Golestani Araghi, S., and Assad, M. T. 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103: 293-299.

Haghshenas, R. Sharafi, S., and Gholinezhad, E. 2021. Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. Agriculture Science and Sustainable Production Journal 20 (2): 91-109.

Hosseinpour, A., Mohammad Akhond-Ali, A., Sharifi, M. R., and Kalantari Oskouei, A. 2022. Investigating the causes of rivers discharge reduction to Lake Urmia (Case study: rivers of the south and west of Lake Urmia). Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering 46 (2): 52-70 (in Persian).

Hosseinzad, J., Kazemiyeh, F., Javadi, A., and Ghafouri, H. 2012. Agricultural water management basis and mechanisms in Tabriz plain. Water and Soil Journal 22

(2): 85-98 (in Persian).

Johnson, D. A., and Rumbaugh, M. D. 1995. Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. Range Management Journal 48: 126-131.

Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K., and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.

Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed *Brassica* species. Annals of Botany 81: 413-420.

Manvelian, J., Weisany, W., Abdul-Razzak Tahir, N., Jabbari, H., and Diyanat, M. 2021. Physiological and biochemical response of safflower (Carthamus tinctorius L.) cultivars to zinc application under drought stress. Industrial Crops and Products Journal 172 (15): 275-286.

Mirnezami-Ziabari, S. H., and Sanei-Shariatpanah. M. 1994. Usual methods in fats and oils analysis. Mashhad Astan-e-Gods Publication. 274pp. (in Persian).

Nazari, M. R., Mirlohi, A., and Majidi, M. M. 2016. Effect of drought stress on oil characteristics of *Charthamus* species. Journal of Agronomy and Crop Science 94 (2): 134-144.

Noroozi, M., and Kazemeini, S. A. 2013. Effect of irrigation deficit and plant density on growth and seed yield of safflower. Iranian Journal of Field Crops Research 10: 781-788 (in Persian).

Omidi, A. H. 2016. Evaluation of new safflower cultivars lines for seed yield in saline regions of the country. Final Report of Research. No. 52203 dated 13 August 2017. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. 17 pp. (in Persian).

Omidi, A. H., Shahsavari, M. R., Alhani, A. G., and Pasban Eslam, B. 2008. Padideh, a new safflower cultivar. Seed and Plant Improvement Journal 24 (1): 215-219 (in Persian).

Omidi, A. H. Shahsavari, M. R., Alhani, A. G., Pasban Eslam, B., Samadi, B., Fanaee, H. R., and Malekpour, F. 2019. Parnian, a new spineless and early safflower cultivar, suitable for relatively cold and warm regions of Iran. Research Achievements of Field and Horticulture Crops 8 (2): 261-270 (in Persian).

Omidi, A. H. Shahsavari, M. R., Alhani, A. G., Pasban Eslam, B., Samadi, B., Jahanbin, A., Fanaee, H. R., Bageri, M., and Shariati, F. 2014. Golemehr, a new

safflower cultivar, high yielding, spineless and red florets. Research Achievements of Field and Horticulture Crops 3 (2): 81-90 (in Persian).

Pasban Eslam, B. 2015. Effects of row spacing and seeding rate on seed yield and its components in safflower cv. Padideh in Tabriz region. Seed and Plant Improvement Journal 30 (2): 223-236 (in Persian).

Pasban Eslam, B. 2011a. Drought Stress Effects on Productivity of Fall Safflower Genotypes. Iranian Journal of Field Crops Science 42: 275-283 (in Persian).

Pasban Eslam, B. 2011b. Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. Journal of Agriculture Science and Technology 13: 327-338.

Pasban Eslam, B. 2004. Evaluation yield and yield components in new spineless safflower genotypes. Iranian Agriculture Science Journal 35: 869-874 (in Persian).

Pasban Eslam, B., and Omidi, A. H. 2019. Evaluation of yield components, seed and oil yields of safflower fall genotypes under water deficit stress during reproductive period. Agriculture Science and Sustainable Production Journal 29 (3): 73-84 (in Persian).

Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil-plant-water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *Brassica campestris*). The Journal of Agricultural Science 117: 197-205.

Safavi, S. M., Pourdad, S. S., and Safavi, S. A. 2013. Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under non-stress and drought stress conditions. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 1 (9): 1086-1093.

Salem, N., Msaada, K., Dhifi, W., Sriti, J., Mejri, H., Liman, F., and Marzouk, B. 2014. Effect of drought on safflower natural dyes and their biological activity. EXCLI Journal 13: 1-8.

Sharghi, Y., Shirani Rad, A. H., Ayeneh, B. A., Nourmohammadi, G., and Zahedi, H. 2011. Yield and yield components of six canola (*Brassica napus* L.) cultivars affected by planting date and water deficit stress. African Journal of Biotechnology 10 (46): 9309-9313.

Sinclair, T. R., and Ludlow, M. M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Australian Journal of Plant Physiology 12: 213-217.

Shir Esmaeili, G. H., Maghsudi Mood, A. A., Khajueinejad, G. R., and Abdolshahi, R. 2018. Yield and oil percentage of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) in spring and summer planting seasons affected by drought stress. Journal of Crop Ecophysiology 12: 237-252 (in Persian).